บทที่ 3
การออกแบบและวิธีการวิจัย

ในงานวิจัยนี้จะศึกษาถึงความสัมพันธ์ของขนาดการสึกหรอมีดตัดในงานกลึง กับสัญญาณการสั่นสะเทือน ที่เกิดขึ้นขณะการกลึงชิ้นงาน รวมไปถึงการหาตำแหน่งตัวตรวจวัดที่ให้สัญญาณการตรวจวัดที่เหมาะสม และหาความไวของสัญญาณจากการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์งานกลึง

3.1 วัสดุทดลอง

วัสดุชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบเป็น เหล็กกล้าผสม SCM440 เป็นเหล็กที่นิยมใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่ต้องการความแข็งแรง สามารถชุบแข็งได้ จัดเป็นวัสดุที่ต้องใช้ขบวนการตัดเฉือนเพื่อเปลี่ยนรูปให้ได้ตามต้องการ เช่นการกลึง ไส กัด เป็นต้น เส้นผ่านศูนย์กลางชิ้นงาน 75 มิลลิเมตร ความยาว 300 มิลลิเมตร (สมบัติของวัสดุแสดงในภาคผนวก ก) ชิ้นงานผ่านการกลึงปอกผิวดิบก่อนการวัดสัญญาณการสั่นสะเทือน

3.2 การออกแบบโปรแกรมระบบติดตามเหมือนจริง

เพื่อให้การเฝ้าสังเกตการเปลี่ยนแปลงสภาพคมมีดของมีดตัดที่เกิดขึ้น เป็นไปอย่างทันทีทันใด ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบโดยใช้ระบบรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูล โดยอาศัยคอมพิวเตอร์ Data Acquisition(DAQ) ซึ่งในระบบจะประกอบด้วยส่วนหลักดังนี้คือ

ทรานสดิวเซอร์ (Transducer),

ทรานสดิวเซอร์ ทำหน้าที่แปลงค่าปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ เช่น อุณหภูมิ, ความดัน และอัตราไหล ฯลฯ ให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าได้อย่างเป็นสัดส่วน หรือบางชนิดก็จะเปลี่ยนค่าความต้านทาน ในตัวเองตามค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ทรานสดิวเซอร์ชนิดที่ใช้กันอยู่ในวงการวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรม ได้แก่ เทอร์โมคัปเปิล, RTDs, เทอร์มิสเตอร์, สเตรนเกจ(Strain Gauges), ทรานสดิวเซอร์วัดอัตราการไหล (Flow Transducers), ทรานสดิวเซอร์วัดค่าความดัน (Pressure Transducers) ทรานสดิวเซอร์วัดการสั่นสะเทือน และไอซีเซนเซอร์ เป็นต้น

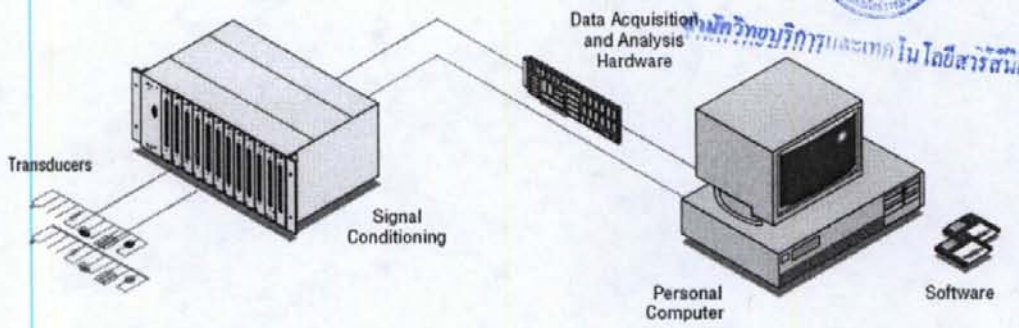
ตัวแปลงสัญญาณ (Signal Conditioning)

สัญญาณเอาต์พุตที่ออกจากทรานสดิวเซอร์ จะต้องได้รับการปรับแต่งก่อนที่จะผ่านเข้าสู่บอร์ด DAQ ซึ่งจากภาพที่ 4 นั้น ภายในของตัวแปลงสัญญาณ จะประกอบไปด้วย วงจรขยาย

097531

สัญญาณ(Amplifier), วงจรแยกกราวด์(Isolate), วงจรกรองความถี่(Filter), วงจรกระตุ้น (Exciting) และวงจรบริดจ์ (Bridge) ซึ่งแต่ละส่วนมีหน้าที่การทำงานต่างๆ กันไป

สถาบันวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ



ภาพที่ 3.1 ส่วนประกอบหลักระบบรวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูลโดยอาศัยคอมพิวเตอร์

ฮาร์ดแวร์ DAQ

ฮาร์ดแวร์ DAQ ซึ่งอยู่ในลักษณะของบอร์ด หรือการ์ดอินเตอร์เฟส ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ และรับสัญญาณวัดที่ส่งมาจากตัวแปลงสัญญาณ เพื่อให้คอมพิวเตอร์ทำการวิเคราะห์ โครงสร้างของฮาร์ดแวร์ DAQ อาจแตกต่างกันไปบ้างตามลักษณะของงานที่จะใช้ รวมถึงการทำงานของฮาร์ดแวร์ DAQ ก็จะต่างกันบ้างตามชนิดสัญญาณ (อะนาลอก หรือดิจิตอล) และฟังก์ชั่นการทำงานที่เราต้องการ ดังนั้นผู้เขียนจะขอเริ่มกล่าวถึงข้อกำหนดเบื้องต้นของฮาร์ดแวร์ DAQ กรณีสัญญาณอินพุตเป็นอะนาลอก ซึ่งส่วนใหญ่จะบอกที่สำคัญๆ คือ จำนวนช่องสัญญาณ, อัตราการสุ่มวัด (Sampling Rate), ระดับการแยกแยะสัญญาณ (Resolution), ความแม่นยำ และย่านของอินพุตที่รับได้ (Range)

คอมพิวเตอร์ และซอฟต์แวร์

ระบบ Data Acquisition มักต้องทำงานร่วมกับซอฟต์แวร์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ ซอฟต์แวร์ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวขับ (Driver Software) และซอฟต์แวร์ประยุกต์ในระบบ DAQ (Application Software)

ซอฟต์แวร์ไดรเวอร์ จะทำหน้าที่เชื่อมต่อให้คอมพิวเตอร์รู้จักฮาร์ดแวร์ DAQ โดยจะเป็นตัวช่วยจัดการทรัพยากรของคอมพิวเตอร์ที่จำเป็น เช่น การขัดจังหวะประมวลผล, การกำหนด

พอร์ตอินพุต/เอาท์พุตของคอมพิวเตอร์เพื่อการสื่อสารข้อมูล, การกำหนดใช้หน่วยความจำ และกำหนด DMA เป็นต้น

ซอฟต์แวร์ขับ แบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ Analog I/O, Digital I/O และ Timing I/O ซึ่งแม้ว่าโดยส่วนใหญ่จะมีฟังก์ชั่นการทำงานพื้นฐานทั้ง 3 อย่างนี้อยู่ในตัวแล้ว ก็ควรจะต้องเลือกใช้ซอฟต์แวร์ขับที่มีฟังก์ชั่นพิเศษอื่นๆ ไม่ใช่แค่การการอ่านข้อมูล และเปิด/ปิดบอร์ดเท่านั้น โดยฟังก์ชั่นพิเศษอื่นๆ ได้แก่

- สามารถอ่านสัญญาณข้อมูลได้ด้วยค่า Sampling Rate ตามที่กำหนด
- สามารถอ่านสัญญาณข้อมูลได้ ในช่วงขณะการประมวลผล
- สามารถใช้งานกับฟังก์ชั่นการขัดจังหวะ, DMA และ I/O ที่โปรแกรมสั่งการได้
- สื่อสารข้อมูลกับดิสก์ได้
- ทำงานประสานกับฮาร์ดแวร์ DAQ ได้มากกว่า 1 ชุด

ซอฟต์แวร์ประยุกต์ จะทำหน้าที่สื่อสาร และใช้ซอฟต์แวร์ขับ เพื่อควบคุมฮาร์ดแวร์ DAQ ดังนั้นซอฟต์แวร์ประยุกต์ จึงเป็นเหมือนเครื่องมือสำหรับการพัฒนาระบบ Data Acquisition ให้เป็นไปตามความต้องการของผู้ออกแบบระบบวัดคุมอัตโนมัติ

ซอฟต์แวร์ประยุกต์ จะเพิ่มความสามารถในการวิเคราะห์ และความสามารถในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ให้กับซอฟต์แวร์ไดร์เวอร์ และยังทำให้ระบบ Data Acquisition ทำงานร่วมกับ Instrument Control เช่น GPIB, RS-232, PXI และ VXI ได้อีกด้วย

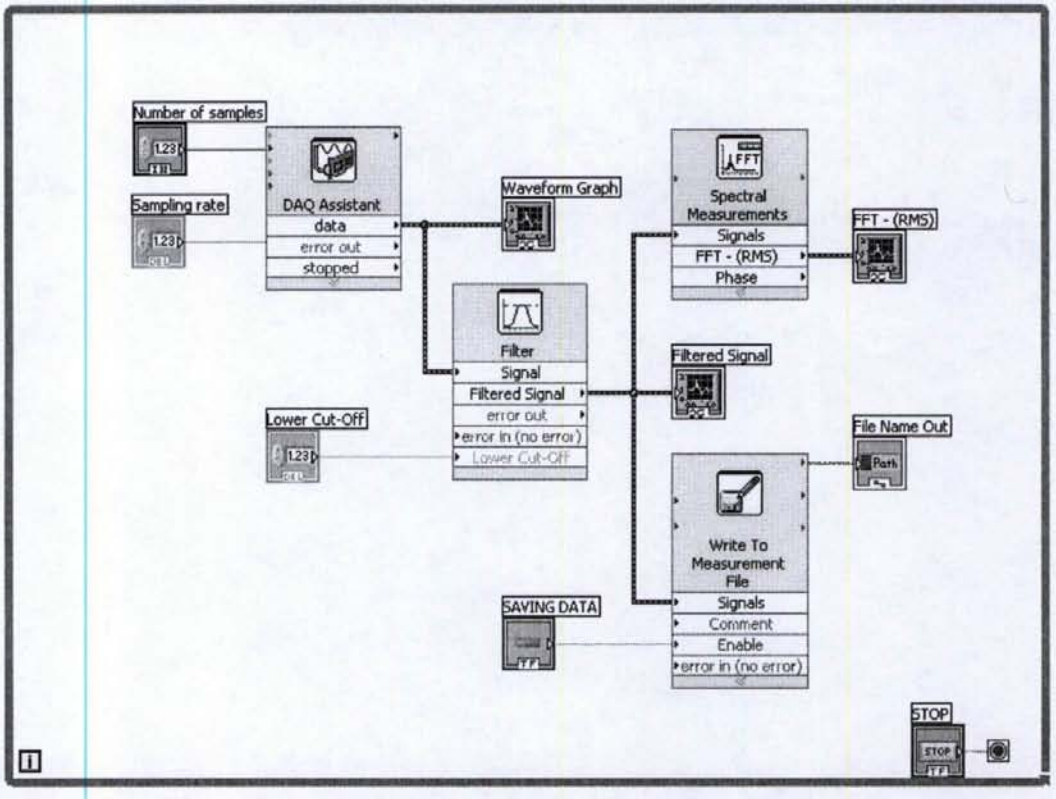
ปัจจุบันนี้ซอฟต์แวร์ DAQ ได้รับการพัฒนาออกสู่ตลาดมากขึ้นเรื่อย จากหลายบริษัทผู้ผลิต ในที่นี้ผู้เขียนจึงขอยกตัวอย่างซอฟต์แวร์ ที่ได้รับความนิยมใช้งานกันอย่างกว้างขวางก็ได้แก่

- Lab View : ซึ่งปัจจุบันคือเวอร์ชัน 6i เป็นซอฟต์แวร์ที่ให้ผู้ใช้สามารถโปรแกรมได้เชิงกราฟิกสามารถใช้พัฒนาแอพพลิเคชันระบบวัด, ระบบ Data Acquisition และระบบควบคุมอัตโนมัติได้โดยง่าย
- Lab Windows/CVI สำหรับโปรแกรมเมอร์ที่ถนัดใช้ภาษาซี เพื่อพัฒนาแอพพลิเคชัน Data Acquisition
- Component Works :ได้รับการพัฒนามาเพื่อโปรแกรมเมอร์ที่ถนัดใช้ Visual Basic ให้สามารถออกแบบระบบ Data Acquisition ได้ผ่านทาง " คอนโทรล OLE "

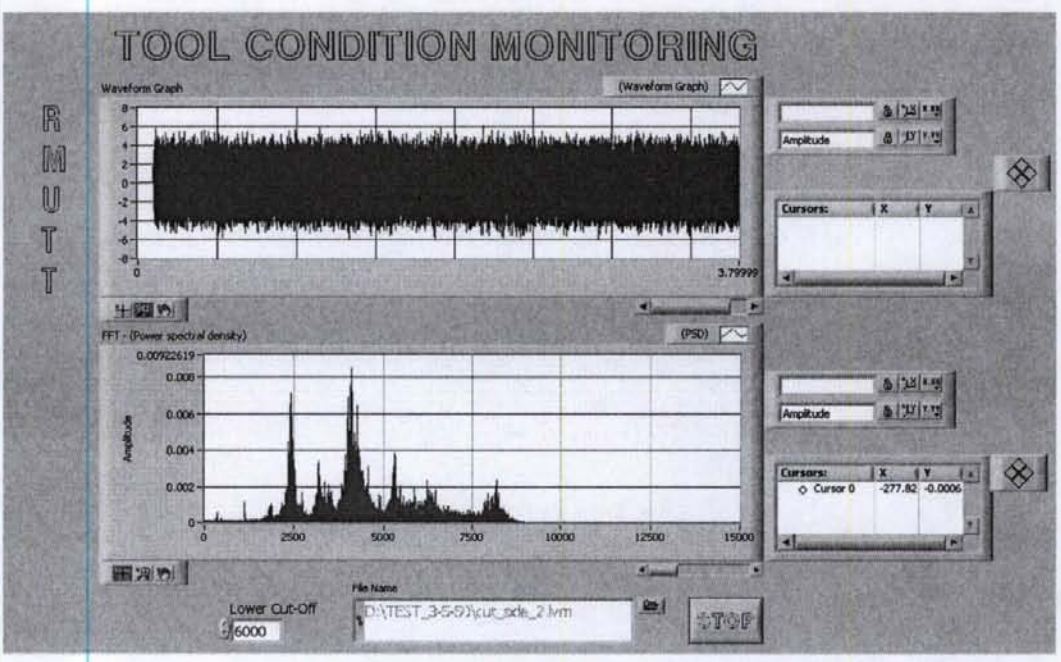
- VirtualBench : ซอฟต์แวร์ตัวเก่งที่จะต้องใช้คู่กับฮาร์ดแวร์ DAQ เปลี่ยนคอมพิวเตอร์ของคุณไปเป็นเครื่องมือวัดอันชาญฉลาด เช่น ออสซิลโลสโคป, ดิจิตอลมัลติมิเตอร์, เครื่องกำเนิดรูปคลื่นสัญญาณ, ดาต้าล็อกเกอร์ (Data Logger) และเครื่องวิเคราะห์สัญญาณ (Signal Analyzer) เป็นต้น

สำหรับระบบรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูล โดยอาศัยคอมพิวเตอร์ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ส่วนฮาร์ดแวร์ ส่วนชุดตัวแปลงสัญญาณ ใช้ NI SCC 2345 และส่วนบอร์ดเชื่อมกับคอมพิวเตอร์ใช้ NI 6251 Multi function board (National Instruments) ส่วนซอฟแวร์เลือกใช้ LabVIEW

การออกแบบส่วนโปรแกรมระบบเฝ้าติดตามในส่วนของ Block Diagram และFont Panel มีลักษณะดังรูป ในส่วนการเฝ้าติดตามโปรแกรมออกแบบให้แสดงมอนิเตอร์ขนาดสัญญาณในโดเมนของเวลา และแสดงมอนิเตอร์ขนาดสัญญาณในโดเมนของความถี่ และยังออกแบบให้สามารถปรับตั้งขอบเขตของการกรองสัญญาณ



ภาพที่ 3.2 แสดงส่วน Block Diagram ของโปรแกรมระบบเฝ้าติดตามที่ออกแบบ

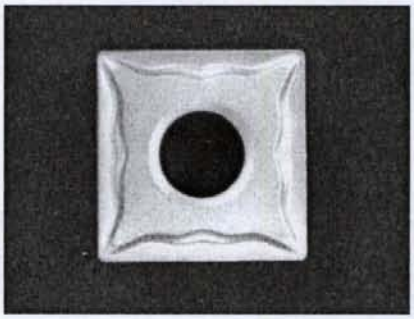


ภาพที่ 3.3 แสดงส่วนFont Panel ของโปรแกรมระบบเฝ้าติดตามที่ออกแบบ

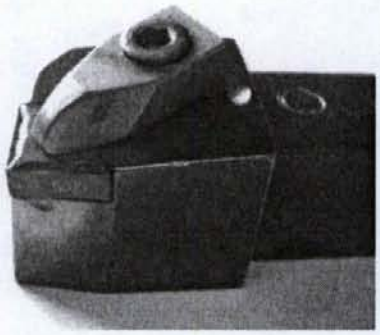
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.3.1 เครื่องกลึง ซีเอ็นซี ยี่ห้อ HAAS รุ่น TL1 ระยะแกว่งเหนือรางเลื่อนขวาง cross slide เท่ากับ 241 มิลลิเมตร ระยะความยาว 762 มิลลิเมตร ดังรูป

3.3.2 มีดเล็บ ในงานวิจัยนี้ยี่ห้อ SANDVIK SNMG 12 04 04-MF 5015

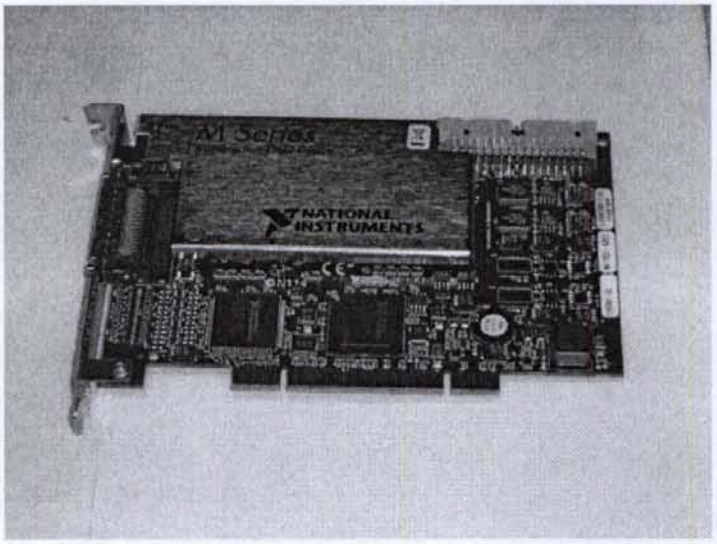


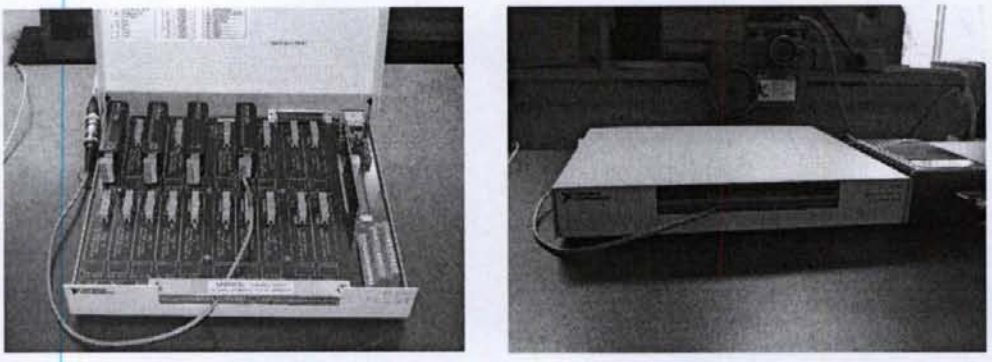
3.3.3 ด้ามมีด PCLN 2525M-12



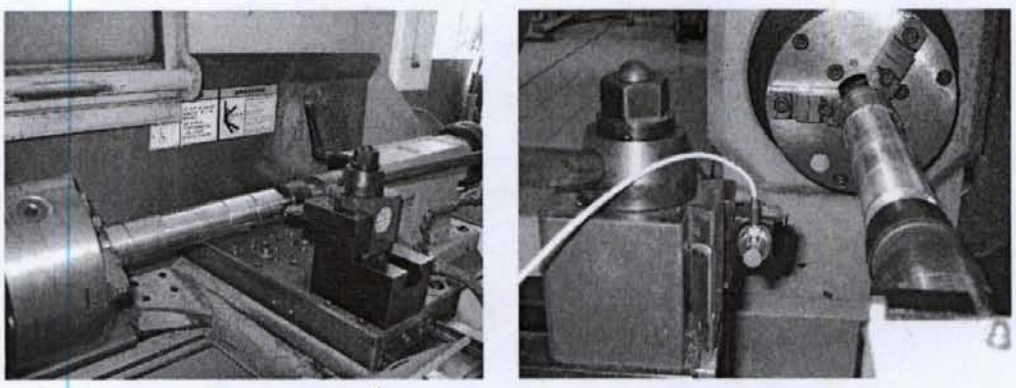
3.3.4 อุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือน (Acceleration sensor) ใช้เพื่อวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนขณะการกลึงปลอกผิวชิ้นงาน ยี่ห้อ PCB รุ่น 352C03 ย่านการวัด 10 mV/g (0.5 to 10 kHz)

3.3.5 ชุดอุปกรณ์ชุดวัดวิเคราะห์ข้อมูลและประมวลผลสัญญาณการสั่นสะเทือน(Data Acquisition and ประกอบด้วย การ์ดเชื่อมต่อสัญญาณ(Interface Card) ชุดปรับแต่งสัญญาณ (Signal Conditioning) เครื่องคอมพิวเตอร์และโปรแกรมประมวลผลซึ่งใช้โปรแกรมแล็ปวิว (LabView) การ์ดแปลงสัญญาณเป็นยี่ห้อ National Instrument รุ่น PCI 6251 M Series ชุดปรับแต่งสัญญาณ ยี่ห้อ National Instrument รุ่น SC-2345 โมดูลเชื่อมต่อเซ็นเซอร์ยี่ห้อ National Instrument รุ่น SCC01





ภาพที่ 3.4 ชุดปรับแต่งสัญญาณพร้อมโมดูลเชื่อมต่อเซนเซอร์



ภาพที่ 3.5 การติดตั้งอุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือนเข้ากับเครื่องกลึง

3.4 สภาวะการตัดที่ใช้ในการทดลอง

งานวิจัยนี้จะใช้สภาวะการตัดกลึง ซึ่งประกอบด้วย

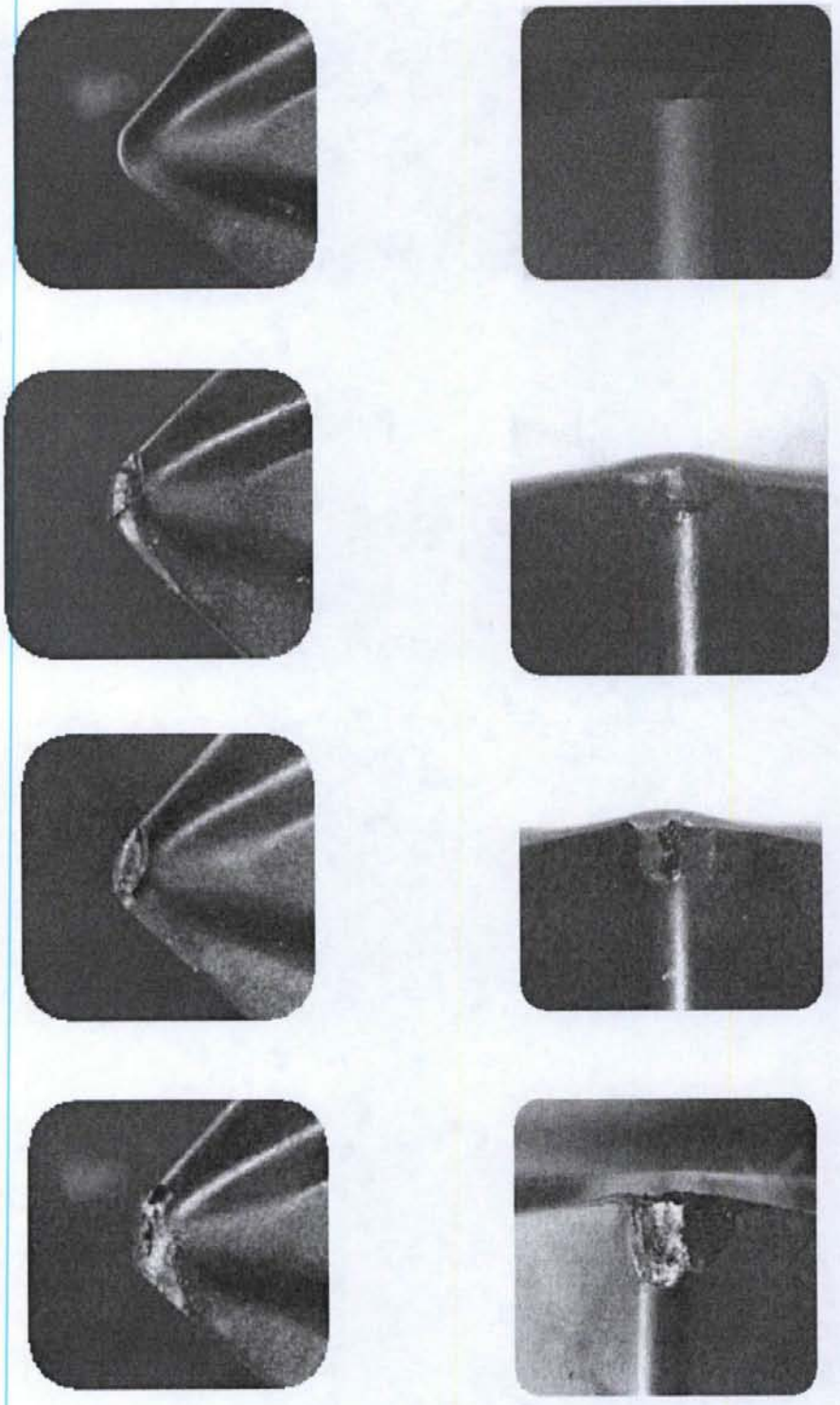
- วัสดุชิ้นงาน เหล็กคาร์บอนผสม SCM440
- มีดเล็บ SNMG 12 04 04-MF รัศมีปลายมีด 0.4 มิลลิเมตร
- ด้ามมีด PCLN 2525M-12 มุมหลบด้านข้าง : -6°, มุมเอียง : -6°
- ระยะลึกตั้งตัด 0.5 มิลลิเมตร
- อัตราป้อน 0.15 มิลลิเมตรต่อรอบ
- ความเร็วตัด 150 เมตรต่อนาที
- สภาพการหล่อเย็น ไม่ใช้
- ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือน ด้านข้างในทิศทางป้อนตัด
- ระยะความยาวจับด้ามมีด 20 มิลลิเมตร

- อัตราการสุ่มข้อมูลที่ 100,000 เฮิร์ทซ
- จำนวนข้อมูลที่สุ่ม 10,000 ข้อมูล

ภาพที่ 3.6 เครื่องมือวัดการสั่นสะเทือน

3.5 สภาพความสมบูรณ์มีดเล็บที่ใช้ในการทดลอง

เม็ดมีดที่ใช้ในการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระดับสัญญาณการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้น เตรียมได้จากการนำเอามีดเล็บ SNMG 12 04 04-MF ประกอบเข้ากับด้ามมีด PCLN 2525M-12 แล้วทำการกลึงตัดบนชิ้นงานเหล็กคาร์บอนผสม จนทำให้ปลายมีดเกิดการสึกหรอ การกำหนดระดับการสึกเลือกใช้ระดับการสึกหรอเป็นแบบปลายรัศมีคมมีด nose wear โดยกำหนดปลายมีดเล็บที่ไม่มีการการสึกหรออยู่ในระดับ O ช่วงการสึกหรอ 0.241 มิลลิเมตรอยู่ในระดับ A ช่วงการสึกหรอ 0.347 มิลลิเมตร อยู่ในระดับ B และช่วงการสึกหรอ 0.436 มิลลิเมตร อยู่ในระดับ C และจากผลการทดลองพบว่าขนาดการสึกหรอที่ปลายรัศมีคมมีดที่เกิดขึ้นบนมีดตัดมีแนวโน้มให้ขนาดการสึกหรอเพิ่มมากขึ้น และยังพบว่าการสึกหรอประเภท flank wear มีแนวโน้มให้ขนาดการสึกหรอเพิ่มมากขึ้นด้วย



ภาพที่ 3.7 สภาพความสมบูรณ์มีดเล็บที่ใช้ในการทดลอง

3.6 วิธีดำเนินการทดลอง

3.6.1 ติดตั้งชุดอุปกรณ์ชุดวัดวิเคราะห์ข้อมูลและประมวลผลสัญญาณการสั่นสะเทือน และชุดอุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือน เข้ากับเครื่องกลึงในการติดตั้งอุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือน จะติดตั้งที่บริเวณด้านข้างของด้ามมีดเล็บที่จับยื่นที่ระยะ 30 มิลลิเมตร

3.6.2 นำชิ้นเหล็กทดสอบ SCM 440 ที่ผ่านการกลึงล้างผิวมาแล้วและกลึงตกร่องเป็นช่วงระยะห่าง ระหว่างร่อง 50 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเริ่มต้น 75 มิลลิเมตร ความยาว 300 มิลลิเมตร จับชิ้นงานเข้ากับเครื่องกลึงโดยใช้หัวสามจับ และยันศูนย์ที่ปลายชิ้นงาน ตั้งพารามิเตอร์สำหรับงานกลึง ซีเอ็นซี คือ ระยะลึกตั้งตัด 0.5 มิลลิเมตร อัตราป้อน 0.15 มิลลิเมตรต่อรอบ และตั้งความเร็วตัดที่ 150 เมตรต่อนาที ทำการกลึงล้างผิวเพื่อป้องกันการเบี่ยงศูนย์ของชิ้นงาน หนึ่งเที่ยว

3.6.3 เปิดโปรแกรมประมวลผลสัญญาณ ที่ออกแบบเพื่อการวัดงานวิจัยสำหรับเฝ้าตรวจติดตามสภาวะการกลึง ตั้งพารามิเตอร์สำหรับการสุ่มวัดสัญญาณ คือ อัตราการสุ่มข้อมูลที่ 100 กิโลเฮิรทซ์ จำนวนข้อมูลที่สุ่ม 10,000 ข้อมูล กรองความถี่ต่ำผ่านที่ 6000 เฮิรตซ์

3.6.4 ทำการเดินเครื่องกลึงชิ้นงานพร้อมเดินโปรแกรมเฝ้าตรวจติดตามสภาวะการกลึงที่เกิดขึ้นพร้อมกัน กลึงงานจนถึงระยะตกร่อง แล้วหยุดเครื่องกลึงและโปรแกรมวัดสภาวะการกลึง

3.6.5 ทำซ้ำขั้นตอนเดิม ให้ได้ข้อมูลซ้ำ 5 เที่ยว

3.6.6 ทำการเปลี่ยนมีดเล็บที่มีขนาดการสึกหรอที่แตกต่างกันกลึงชิ้นงาน และจัดเก็บสัญญาณที่วัดได้ข้อมูลซ้ำ 5 เที่ยว

3.7 การออกแบบการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้เลือกศึกษา ระดับของการสึกหรอที่มีผลต่อสัญญาณการสั่นสะเทือน เป็นปัจจัยหลักในการทดลอง และต้องศึกษาปัจจัยอื่นร่วมด้วยจึงโดยแบ่งการออกแบบการทดลองไว้ดังนี้ ปัจจัยที่ต้องควบคุมในการทดลองซึ่งประกอบด้วย

สภาวะการตัดกลึง

- ระยะลึกตั้งตัด 0.5 มิลลิเมตร
- อัตราป้อน 0.15 มิลลิเมตรต่อรอบ
- ความเร็วตัด 150 เมตรต่อนาที
- สภาพการหล่อเย็น ไม่ใช้

สภาวะของมีดตัดและด้ามมีด

- มีดเล็บ SNMG 12 04 04-MF 5015 รัศมีปลายมีด 0.4 มิลลิเมตร
- ด้ามมีด PCLN 2525M-12 มุมหลบด้านข้าง : -6°, มุมเอียง : -6°
- ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือน ด้านข้างในทิศทางป้อนตัด
- ระยะความยาวจับด้ามมีด 20 มิลลิเมตร

สภาวะของเครื่องกลึงที่ใช้

- เครื่องกลึง ซีเอ็นซี ยี่ห้อ HAAS รุ่น TL1 ระยะแกว่งเหนือรางเลื่อนขวาง cross slide เท่ากับ 241 มิลลิเมตร ระยะความยาว 762 มิลลิเมตร

สภาวะของวัสดุ

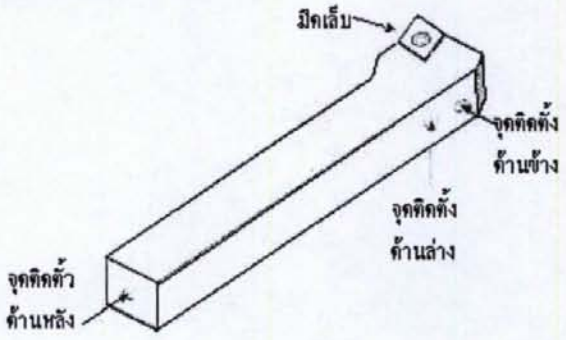
- วัสดุชิ้นงาน เหล็กกล้าผสม SCM 440 ความโต 75 มิลลิเมตร ความยาว 300 มิลลิเมตร

สภาวะการสุ่มเก็บสัญญาณ

- อัตราการสุ่มข้อมูลที่ 100,000 เฮิรตซ์
- จำนวนข้อมูลที่สุ่ม 10,000 ข้อมูล
- กรองความถี่ต่ำผ่านที่ 6000 เฮิรตซ์

ค่าตอบสนองในงานวิจัยได้เลือกค่าตอบสนองเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับการศึกหรอมีดกลึงสัญญาณการสั่นสะเทือน คือ

- ระดับสัญญาณ Peak-Peak, Pwr, PSD,



ภาพที่ 3.8 ตำแหน่งติดตั้งตัววัดสัญญาณการสั่นสะเทือน